

ALGORITMA DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) DAN ABSOLUTE MOMENT BLOCK TRUNCATION CODING (AMBTC) PADA SISTEM WATERMARKING UNTUK DETEKSI DAN RECOVERY CITRA MEDIS TERMODIFIKASI

DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) AND ABSOLUTE MOMENT BLOCK TRUNCATION CODING (AMBTC) ALGORITHMS ON WATERMARKING SYSTEM FOR DETECTION AND RECOVERY MODIFIED MEDICAL IMAGE

Nida Mujahidah Azzahra¹, Adiwijaya², Danang Triantoro³

^{1,2,3}Prodi S1 Ilmu Komputasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹nidamujahidahazzahra@gmail.com, ²kang.adiwijaya@gmail.com, ³dto.lecture@gmail.com

Abstrak

Citra medis merupakan salah satu citra yang disajikan dalam bentuk digital. Informasi pasien seperti hasil diagnosis medis disimpan dalam bentuk citra medis digital. Akan tetapi, citra medis digital tersebut mudah mengalami kerusakan akibat pendistribusiannya, bahkan sengaja dirusak atau dimodifikasi. Dengan kemudahan mendapatkan *tools* pengolahan citra, citra medis digital mudah dilakukan modifikasi untuk tujuan tertentu. Hal ini akan meragukan keaslian citra medis tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang mampu mendeteksi keaslian suatu citra medis digital.

Watermarking merupakan solusi untuk mendeteksi keaslian citra medis digital tersebut. Dengan menyisipkan *watermark* yang bersifat *fragile*, sistem yang dibuat dapat mendeteksi bagian termodifikasi. *Watermark* yang disisipkan berupa ciri-ciri penting dari citra medis digital yang diperoleh dengan metode *Absolute Moment Block Truncation Coding* (AMBTC). Hasil dari proses ambtc kemudian disisipkan pada domain frekuensi menggunakan transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT). Dengan menggunakan AMBTC, citra medis digital yang mengalami modifikasi dapat dideteksi dan diperbaiki. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan memperbaiki citra medis digital dengan modifikasi *salt and pepper* pada parameter α 0.1. Parameter performansi yang digunakan untuk mengukur kualitas citra adalah *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Error Rate*.

Kata kunci : citra medis, *watermarking*, AMBTC, DCT, PSNR, *error rate*

Abstract

Medical image is one of the image that is served in digital form. Patients information such as medical diagnosis is stored in the form digital medical image. However, the image digital medical was easily damaged as a result, even one is deliberately tampered or modified. With ease to tools image processing, digital image medical easy to be done for a purpose modification. This will doubt the authenticity medical image. Thus, there needs to be a system that is able to detect the original a digital image medical.

Watermarking is a solution to detect the authenticity digital medical image. By inserting a watermark made system can detect the modified part of medical image. Watermark that embedded is important feature from medical image which is obtained by *Absolute Moment block Truncation Coding* (AMBTC). Results from the ambtc then inserted to domain frequency use transformation *Discrete Cosine Transform* (DCT). By using AMBTC, the image digital medical a modified can be detected and repaired. Test result shows that the system is able to detect and improving medical digital image and modification salt and pepper the parameter α 0.1. Performance parameters that are used to measure image quality is *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) and *error rate*.

Keywords: medical image, *watermarking*, AMBTC, DCT, PSNR, *error rate*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi saat ini dapat merepresentasikan suatu data dalam format *digital*. Data dengan format *digital* lebih mudah disebarluaskan menggunakan komputer dan internet. Selain itu data digital tersebut juga mudah untuk dimodifikasi. Masalah muncul ketika data *digital* tersebut adalah data yang harus dilindungi seperti data medis khususnya citra medis. Dalam dunia medis dibutuhkan verifikasi pada citra medis untuk mengetahui keaslian citra tersebut. Suatu citra medis perlu dilindungi untuk menghindari resiko penggunaan citra medis yang tidak sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat membuktikan keaslian suatu data *digital* sekaligus memperbaiki citra *digital* termodifikasi.

Watermarking merupakan teknik penyisipan informasi ke dalam data *digital* seperti teks, *image*, audio dan *video*. Informasi yang disisipkan harus bisa diperoleh kembali meskipun data *digital* tersebut telah mengalami banyak proses pengolahan. Informasi yang akan disisipkan ke dalam suatu data *digital* dinamakan *watermark*. Pada penelitian ini, digunakan metode *Discrete Cosine Transform* (DCT) untuk domain penyisipan *watermark*. Sedangkan *watermark* yang digunakan merupakan citra ciri dari citra asli yang dihasilkan dari metode *Absolute Moment Block Truncation Coding* (AMBTC). Citra ciri itulah yang nantinya akan digunakan untuk mendeteksi modifikasi dan untuk melakukan perbaikan dari citra yang mengalami modifikasi.

Penelitian ini bertujuan untuk dapat menganalisis dan mengimplementasikan metode *Discrete Cosine Transform* untuk melakukan *watermarking* dan metode AMBTC pada proses ekstraksi ciri kemudian dilakukan pendeteksian dan perbaikan citra yang telah mengalami modifikasi. Untuk menghitung performansinya digunakan parameter PSNR dan *Error Rate*. Penelitian ini dibuat dengan melakukan studi literatur, pengumpulan data-data penunjang, analisis dan perancangan sistem, implementasi sistem, dan pengujian serta analisis.

2. Dasar Teori

2.1 Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC)

Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC) merupakan sebuah metode kompresi citra yang bersifat *lossy*. Artinya, ketika sebuah citra dikompres menggunakan AMBTC, maka akan ada data yang hilang. Metode AMBTC merupakan metode perbaikan metode BTC dari segi visualisasi citra dari hasil proses dekompresi. AMBTC menggunakan teknik *block-based image coding* dan hanya memerlukan *memory* yang sedikit dan perhitungan yang sederhana.

Proses AMBTC adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama dari proses AMBTC adalah dengan membagi citra inputan ke dalam blok-blok kecil berbentuk persegi dengan ukuran $n \times n$ *pixel* yang tidak saling *overlap*.
- Langkah kedua adalah mencari nilai rata-rata dan standar deviasi dari masing-masing blok yang berukuran $n \times n$ *pixel*.
- Langkah ketiga adalah melakukan pengubahan nilai *pixel* dalam tiap blok. Jika nilai *pixel* lebih kecil dari rata-rata, maka nilai *pixel* tersebut akan direpresentasikan dengan 0, dan jika nilai *pixel* lebih besar dari rata-rata blok tersebut, maka nilai *pixel* direpresentasikan dengan 1.
- Langkah keempat adalah menentukan nilai pengganti untuk proses dekompresi. Untuk menentukan nilai pengganti, dapat menggunakan persamaan berikut [8]:

$$g_1 = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n X_i < \mu \quad (2.1)$$

$$g_2 = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n X_i \geq \mu \quad (2.2)$$

Persamaan g_1 digunakan untuk mengkonstruksi bit yang bernilai 0, yaitu nilai yang menggantikan nilai dari *reconstruction* level a. Sedangkan persamaan g_2 digunakan untuk mengkonstruksi bit yang bernilai 1, yaitu nilai yang menggantikan nilai dari *reconstruction* level b.

2.2 Discrete Cosine Transform (DCT)

Discrete Cosine Transform (DCT) merupakan salah satu transformasi yang dilakukan untuk proses *watermarking*. DCT memetakan himpunan nilai real sebanyak N buah pada domain spasial menjadi himpunan lain dengan jumlah yang sama pada domain frekuensi. Dengan menggunakan fungsi gelombang cosinus diskrit, konsep yang digunakan pada metode DCT adalah mengganti koefisien DCT pada citra asli menjadi koefisien baru. Pemilihan koefisien yang diganti tergantung pada pemilihan frekuensi. Jika frekuensi yang dipilih adalah frekuensi tinggi dan koefisien yang dihasilkan bernilai rendah, maka citra hasil *watermark* tidak akan mengalami perubahan sehingga tidak terlihat oleh indera penglihatan manusia atau bisa disebut nilai *invisibility* tinggi. Tetapi penggunaan frekuensi ini menyebabkan citra lemah terhadap perubahan atau bisa disebut nilai *robustness* rendah. Sebaliknya jika yang dipilih adalah koefisien bernilai rendah dan koefisien yang dihasilkan tinggi, maka citra hasil *watermarking* tahan terhadap perubahan atau bisa disebut nilai *robustness* tinggi namun perubahan pada citra ini mudah terlihat atau bisa disebut nilai *invisibility* rendah [7].

Cara mendapatkan nilai koefisien DCT adalah dengan menghitung fungsi basis cosinus. Untuk matriks 2 dimensi yang berukuran N, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut [8]:

$$F(x, y) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} F(x, y) \cos \frac{\pi(2x+1)y}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)x}{2N} \quad (2.3)$$

Sedangkan rumus untuk *inverse* DCT adalah sebagai berikut:

$$F(x, y) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} F(x, y) \cos \frac{\pi(2x+1)y}{2M} \cos \frac{\pi(2y+1)x}{2N} \quad (2.4)$$

Keterangan:

1. $C(u,v)$ adalah titik koordinat dari matriks yang telah mengalami transformasi DCT 2 dimensi.
2. M dan N adalah banyak kolom dan baris. Apabila matriks adalah 8×8 , maka nilai M dan N adalah 8.
3. $a(u)$ dan $a(v)$ adalah himpunan hasil yang nilainya ditentukan dari nilai koefisien u dan v
4. $f(x,y)$ adalah nilai pixel dari matriks pada titik (x,y) .
5. π bernilai 180° .

Dengan ketentuan sebagai berikut:

$$\sqrt{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} \text{ untuk } u = 0 \text{ atau } v = 0 \quad (2.5)$$

$$\sqrt{\frac{2}{2}} = \sqrt{\frac{2}{2}} = \sqrt{\frac{2}{2}} \text{ untuk } 1 \leq u \leq N-1 \text{ atau } 1 \leq v \leq N-1 \quad (2.6)$$

2.3 Proses Deteksi Citra Ber-watermark yang Mengalami Modifikasi

Proses deteksi citra ber-watermark yang telah mengalami modifikasi dilakukan dengan membandingkan citra ciri dari hasil ekstraksi watermark dan citra ciri dari proses AMBTC pada citra hasil ekstraksi dari citra berwatermark. Proses pendeteksian dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Watermark dan citra hasil ekstraksi diperoleh dari proses ekstraksi. Watermark hasil ekstraksi tersebut dilakukan proses reverse AMBTC dan dibentuk menjadi citra ciri 1 kemudian diperbesar dua kali lipat disesuaikan dengan ukuran citra asli.
- b. Citra hasil ekstraksi diduplikasi kemudian ukurannya diperkecil menjadi setengah dari ukuran sebenarnya. Setelah itu, dilakukan proses AMBTC pada citra hasil duplikasi tersebut dan langsung dilakukan reverse AMBTC yang menghasilkan citra ciri 2. Ukuran citra ciri 2 kemudian diperbesar menjadi dua kali lipat disesuaikan dengan ukuran citra asli.
- c. Citra ciri 1 dan citra ciri 2 kemudian dibandingkan nilai tiap pixel-nya, jika tidak terdapat perbedaan berarti citra tersebut tidak mengalami modifikasi, sedangkan jika terdapat perbedaan, berarti citra tersebut telah dimodifikasi.

2.4 Proses Perbaikan Citra Ber-watermark yang Mengalami Modifikasi

Jika pada proses pendeteksian ternyata ditemukan pixel yang berbeda yang berarti telah terjadi modifikasi, maka dilakukan proses perbaikan. Proses perbaikan tersebut dilakukan dengan cara menghitung rata-rata dari nilai pixel pada citra ciri 1 dan citra ciri 2 yang berbeda. Misalkan pada citra ciri 1 nilai pixel pada koordinat (25,25) adalah 125, sedangkan pada citra ciri 2 nilai pixel pada koordinat yang sama adalah 130, berarti telah terjadi modifikasi pada citra tersebut, sehingga nilai pixel pada citra hasil perbaikan tersebut digantikan dengan nilai rata-rata dari nilai pixel citra ciri 1 dan citra ciri 2, yaitu $\lfloor \frac{125+130}{2} \rfloor$.

2.5 Serangan

Serangan (attack) yang digunakan pada Tugas Akhir ini merupakan serangan yang bersifat *non malicious*, yaitu serangan dilakukan seolah-olah tidak diketahui bahwa citra yang diserang telah disisipi watermark, dan penyerang tidak mengetahui kunci dari watermark tersebut. Serangan yang digunakan adalah modifikasi *noise* (salt and pepper).

2.6 Performansi Sistem

Untuk mengukur performansi sistem, digunakan PSNR dan Error Rate.

3. Analisis dan Pengujian

3.1 Strategi Pengujian

Dalam pengujian sistem ini, citra asli (citra *host*) yang digunakan adalah 16 buah citra medis berukuran 512×512 pixel dengan kedalaman warna 8 bit (*greyscale*) dengan format *bitmap* (*.bmp). Sedangkan citra watermark yang digunakan adalah hasil dari ekstraksi ciri citra asli dengan ukuran 256×256 pixel dengan format *bitmap* dan kedalaman warna 8 bit. Terdapat empat skenario pengujian, yaitu :

- a. Skenario 1, pengujian terhadap kualitas citra hasil proses watermarking.
- b. Skenario 2, pengujian terhadap *reversibility* sistem watermarking.
- c. Skenario 3, pengujian terhadap proses pendeteksian modifikasi pada citra ber-watermark.
- d. Skenario 4, pengujian terhadap proses perbaikan citra ber-watermark yang mengalami modifikasi.

3.2 Hasil Pengujian

3.2.1 Skenario 1

Pada skenario pertama dilakukan pengujian terhadap proses watermarking. Penyisipan watermark dilakukan pada 3 bit yang dipilih berdasarkan representasi *floating point* standar IEEE. Representasi *Floating Point* IEEE

Double Precision terdiri dari 64 bit yaitu 1 bit *sign*, 11 bit eksponen, dan 52 bit *mantissa*. *Watermark* yang dihasilkan dari proses AMBTC kemudian disisipkan pada tiap citra *host* yang sebelumnya telah diubah 3 bit yang telah dipilih. Untuk menguji 3 bit bagian frekuensi tengah mana yang baik untuk disisipi *watermark*, dilakukan penyisipan pada bit berikut ini yaitu:

1. Bit ke-13, 14, dan 15
2. Bit ke-16, 17, dan 18
3. Bit ke-62, 63, dan 64
4. Bit ke-62, 63, dan 64 koefisien IWT

Kemudian citra ber-*watermark* tersebut diukur kualitasnya dengan menghitung nilai PSNR dan *Error Rate* yang dibandingkan dengan citra asli. Berikut adalah hasil pengujian skenario 1:

Tabel 1 : Kualitas Citra Ber-Watermark

No	Citra Uji	Bit ke-13, 14, dan 15	Bit ke-16, 17, dan 18	Bit ke-62, 63, dan 64	Bit ke-62, 63, dan 64 koefisien IWT
		PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)
1.	ct-1.bmp	36,68	52,03	~	45,50
2.	ct-2.bmp	36,81	52,03	~	45,00
3.	dada-1.bmp	48,01	64,59	~	44,23
4.	dada-2.bmp	48,19	65,38	~	44,72
5.	kaki-1.bmp	44,53	61,38	~	46,58
6.	kaki-2.bmp	48,65	65,51	~	46,66
7.	kepala-1.bmp	49,10	66,57	~	45,26
8.	kepala-2.bmp	46,78	64,20	~	44,73
9.	leher-1.bmp	46,94	64,96	~	45,36
10.	leher-2.bmp	47,42	64,03	~	44,60
11.	pinggul-1.bmp	46,04	63,67	~	45,10
12.	pinggul-2.bmp	51,25	68,65	~	46,08
13.	tangan-1.bmp	48,64	65,31	~	45,63
14.	tangan-2.bmp	47,50	64,70	~	46,31
15.	thorax-1.bmp	47,09	63,79	~	44,15
16.	thorax-2.bmp	48,40	65,72	~	45,16
Rata-rata		46,37	63,28	~	45,31

Berdasarkan hasil pengujian seperti ditunjukkan pada Tabel 1, terlihat bahwa untuk seluruh citra uji menghasilkan citra ber-*watermark* dengan rata-rata PSNR terbaik pada penyisipan *watermark* di bit ke-16, 17 dan 18 frekuensi tengah koefisien DCT.

3.2.2 Skenario 2

Skenario 2 dilakukan pengujian terhadap kemampuan sistem dalam melakukan ekstraksi *watermark* dari citra yang belum dilakukan modifikasi. Hasilnya, sistem dapat melakukan ekstraksi *watermark* terbaik pada koefisien DCT di bit ke-16, 17, dan 18.

Tabel 2 : Kualitas Citra Ber-Watermark

No	Citra Uji	Bit ke-13, 14, dan 15		Bit ke-16, 17, dan 18		Bit ke-62, 63, dan 64		Bit ke-62, 63, dan 64 koefisien IWT	
		Watermark	Citra	Watermark	Citra	Watermark	Citra	Watermark	Citra
		PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)	PSNR (dB)
1.	ct-1.bmp	10,68	34,61	10,85	49,30	5,60	~	~	46,04
2.	ct-2.bmp	11,13	35,40	11,22	49,26	5,35	~	~	45,20
3.	dada-1.bmp	4,71	46,78	4,71	61,44	3,08	~	~	47,29
4.	dada-2.bmp	14,78	46,97	14,88	63,02	3,42	~	~	46,32
5.	kaki-1.bmp	12,71	43,74	12,68	58,05	4,21	~	~	47,59
6.	kaki-2.bmp	12,15	48,10	12,31	62,63	4,38	~	~	48,97
7.	kepala-1.bmp	9,92	48,03	10,26	64,07	6,37	~	~	46,49
8.	kepala-2.bmp	13,95	45,52	13,81	60,74	3,80	~	~	45,23
9.	leher-1.bmp	19,18	45,83	16,60	61,93	3,02	~	~	45,21
10.	leher-2.bmp	13,47	46,21	13,63	61,61	3,49	~	~	46,35
11.	pinggul-1.bmp	19,15	45,54	17,02	61,10	3,08	~	~	45,37
12.	pinggul-2.bmp	16,85	50,84	16,71	65,98	2,99	~	~	48,95
13.	tangan-1.bmp	10,77	47,38	11,04	62,94	5,05	~	~	47,33
14.	tangan-2.bmp	15,06	46,66	14,85	61,74	3,28	~	~	49,49
15.	thorax-1.bmp	14,76	46,04	14,87	61,16	3,44	~	~	45,30
16.	thorax-2.bmp	14,13	46,79	14,31	62,36	3,56	~	~	47,95
Rata-rata		13,34	45,28	13,11	60,46	4,01	~	~	46,82

Berdasarkan hasil pengujian seperti ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat bahwa untuk seluruh citra ber-*watermark* menggunakan transformasi IWT menghasilkan ekstraksi *watermark* dengan nilai PSNR tak hingga dan *Error Rate* 0. Hal ini disebabkan tidak adanya informasi yang hilang karena pembulatan bilangan *floating point* karena koefisien yang dihasilkan dari transformasi IWT bukanlah bilangan *floating point* sehingga *watermark* yang dihasilkan dari proses ekstraksi bersifat *reversible*.

3.2.2 Skenario 3

Pada skenario 3 dilakukan pengujian terhadap proses deteksi citra ber-*watermark* yang telah dilakukan modifikasi penambahan *noise* (*salt and pepper*) pada penyisipan *watermark* bit ke-16, 17 dan 18 frekuensi tengah koefisien DCT.

Tabel 3 : Kualitas Hasil Deteksi

No	Citra Uji	Performansi Deteksi		
		Parameter Noise		
		0,001	0,01	0,1
		Error Rate (%)	Error Rate (%)	Error Rate (%)
1	ct-1.bmp	14,28	14,80	19,38

2	ct-2.bmp	19,39	19,86	24,37
3	dada-1.bmp	1,77	2,65	11,41
4	dada-2.bmp	1,56	2,4	10,7
5	kaki-1.bmp	3,8	4,45	10,97
6	kaki-2.bmp	1,51	2,15	9,11
7	kepala-1.bmp	1,24	1,91	8,77
8	kepala-2.bmp	2,01	2,76	10,1
9	leher-1.bmp	1,49	2,27	10,06
10	leher-2.bmp	1,85	2,66	10,81
11	pinggul-1.bmp	1,89	2,96	11,47
12	pinggul-2.bmp	0,66	1,49	9,97
13	tangan-1	1,57	2,18	8,76
14	tangan-2	1,77	2,65	10,98
15	thorax-1	2,37	3,21	11,62
16	thorax-2	1,25	2,03	9,97
Rata-rata		3,65	4,40	11,78

3.2.4 Skenario 4

Pada skenario 4 dilakukan pengujian terhadap proses perbaikan citra yang mengalami modifikasi.

Tabel 4 : Kualitas Hasil Recovery

No	Citra Uji	Performansi Recovery					
		Parameter Salt and Papper					
		0,001		0,01		0,1	
		PSNR (dB) Modifikasi	PSNR (dB) Perbaikan	PSNR (dB) Modifikasi	PSNR (dB) Perbaikan	PSNR (dB) Modifikasi	PSNR (dB) Perbaikan
1	ct-1.bmp	32,65	16,90	9,29	8,98	13,49	15,48
2	ct-2.bmp	33,56	18,15	23,65	17,89	13,50	15,29
3	dada-1.bmp	34,43	13,66	24,03	14,07	14,14	15,28
4	dada-2.bmp	34,27	14,15	24,64	14,20	14,80	13,89
5	kaki-1.bmp	33,40	17,27	23,62	17,13	13,78	15,44
6	kaki-2.bmp	34,31	16,23	24,06	16,30	13,99	15,04
7	kepala-1.bmp	34,10	16,34	24,08	16,26	14,01	14,88
8	kepala-2.bmp	34,11	15,68	24,40	15,57	14,28	14,46
9	leher-1.bmp	34,99	14,97	24,41	14,94	14,52	14,31
10	leher-2.bmp	34,67	14,38	24,66	14,54	14,51	14,34
11	pinggul-1.bmp	35,27	13,62	25,00	13,56	15,10	13,20
12	pinggul-2.bmp	34,62	13,31	24,98	13,38	14,96	13,44
13	tangan-1.bmp	33,64	17,89	23,91	17,74	13,73	15,62
14	tangan-2.bmp	34,27	15,79	24,25	15,80	14,24	14,81

15	thorax-1.bmp	35,02	14,59	24,47	14,68	14,59	14,40
16	thorax-2.bmp	33,83	14,81	24,37	15,02	14,24	14,73
Rata-rata		34,20	15,49	23,36	15,00	14,24	14,66

Berdasarkan tabel hasil *Recovery Modifikasi Noise*, terlihat bahwa rata-rata PSNR perbaikan pada parameter 0,1 lebih baik dari rata-rata PSNR modifikasinya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan *recovery* mulai dari parameter 0,1.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *watermarking* dapat membuat citra ber-*watermark* terbaik pada bit ke-16, 17 dan 18 frekuensi tengah koefisien DCT. Sistem *watermarking* dengan nilai PSNR rata-rata 63 dB pada penyisipan *watermark* bit ke-16, 17 dan;18 frekuensi tengah koefisien DCT.
2. Sistem *watermarking* yang dibangun dapat melakukan ekstraksi citra ber-*watermark* terbaik dengan rata-rata nilai PSNR 43 dB untuk ekstraksi citra dan rata-rata nilai PSNR 22 dB untuk ekstraksi *watermark* pada penyisipan *watermark* bit ke-16, 17 dan, 18 frekuensi tengah koefisien DCT.
3. Sistem yang dibangun tidak *reversibility* karena pada saat proses ekstraksi, *watermark* rusak sebelum dilakukan deteksi.
4. Sistem dapat melakukan perbaikan dengan hasil yang buruk karena citra ciri mengalami kerusakan di seluruh bagian citra.

Daftar Pustaka:

- [1] Agustina, Rochi. Adiwijaya. Barmawi, M. Ari. 2011. Teknik Watermarking Menggunakan AMBTC dan IWT untuk Pendeteksian Dan Perbaikan Citra *Digital* Termanipulasi. Teknik Informatika. Institut Teknologi Telkom.
- [2] E. J. Delp and O. R. Mitchell, *Image compression using Block Truncation Coding*, IEEE Transactions on Communications, vol. 27, no. 9 September 1979, pp 1335-1341.
- [3] C.W.Chao, C.H. Hsieh, P.C Lu, T.A Cheng. 1996. *Modified Block Truncation Coding for Image Compression*. Journal Pattern Recognition Letters Volume 17 Issue 14 pp. 1499-1506.
- [4] Shandilya, Madhu, Rajesh Shandilya. 2003. *Implementation of Absolute Moment Block Truncation Coding Scheme Based on Mean Square Error Criterion*. Proceeding of the SDR 03 Technical Conference and Product Exposition, 2003.
- [5] H. K. Wu, Jeffery, et al. 2008. *Tamper Detection and Recovery for Medical Images Using Near-lossless Information Hiding Technique*. Journal l of Digital Imaging, Vol 21 , No 1 (March), 2008: pp 59 Y76.
- [6] Munir, Rinaldi. *Sekilas Image Watermarking untuk Memproteksi Citra Digital dan Aplikasinya pada Citra Medis*. Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [7] Nur Fathiya, Shofi. 2011. *Studi Perbandingan Metode DCT dan SVD pada Image Watermarking*. Jurusan Teknik Informatika. Institut Teknologi Bandung.
- [8] Sitorus, P. Putra. 2008. *Watermarking pada Citra Digital Dengan Menggunakan Discrete Cosine Transform*. Ilmu Komputer. Universitas Sumatera Utara.
- [9] Munir, Rinaldi. *Image Watermarking untuk Citra Berwarna dengan Metode Berbasis Korelasi dalam Ranah DCT*. Jurusan Teknik Informatika. Institut Teknologi Bandung.
- [10] Muarif, Imam. 2012. *Pendeteksian dan Perbaikan Citra Medis Termanipulasi yang Telah Disisipi Watermark Menggunakan Absolute Moment Block Truncation Coding (AMBTC) dan Prediction Error-Expansion (PEE)*. Teknik Informatika. Institut Teknologi Telkom.